



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 45 157 A 1

51 Int. Cl.⁷:
B 60 T 13/74

21 Aktenzeichen: 101 45 157.1
22 Anmeldetag: 13. 9. 2001
43 Offenlegungstag: 4. 4. 2002

DE 101 45 157 A 1

30 Unionspriorität:
2000-280516 14. 09. 2000 JP

71 Anmelder:
Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

74 Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

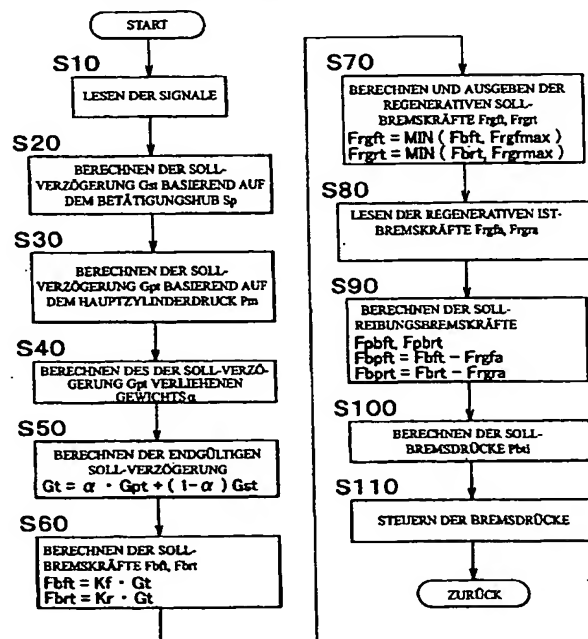
72 Erfinder:
Niwa, Satoru, Tojota, Aichi, JP; Shimada, Michihito,
Tojota, Aichi, JP; Sakamoto, Junichi, Tojota, Aichi,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bremskraftsteuervorrichtung und Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug

57 Die Erfindung betrifft eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug mit (a) regenerativen Bremsvorrichtungen (30, 40) für die Vorder- bzw. Hinterräder (26FL, 26FR, 34RL, 34RR) und (b) einer Reibungsbremsvorrichtung (44) für jedes der Vorder- und Hinterräder. Basierend auf einer vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Bremsforderung und einem Verhältnis zwischen Bremskräften der Vorder- und Hinterräder werden eine Soll-Bremskraft der Vorderräder und eine Soll-Bremskraft der Hinterräder berechnet. Zunächst werden die regenerativen Bremsvorrichtungen zum Erzeugen regenerativer Bremskräfte an den Vorder- bzw. Hinterrädern und, bei Bedarf, schließlich auch die Reibungsbremsvorrichtung zum Erzeugen einer Reibungsbremskraft an jedem der Vorder- und Hinterräder so gesteuert, daß eine an die Vorderräder angelegte gesamte Bremskraft und eine an die Hinterräder angelegte gesamte Bremskraft auf eine Vorderrad-Soll-Bremskraft bzw. eine Hinterrad-Soll-Bremskraft gesteuert werden.



DE 101 45 157 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft im Allgemeinen eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug und im Besonderen eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug mit regenerativen Bremsvorrichtungen und einer Reibungsbremsvorrichtung für die Vorder- und Hinterräder des Fahrzeugs.

[0002] Ein Beispiel für eine derartige Kraftfahrzeug-Bremskraftsteuervorrichtung, z. B. eines Automobils, ist in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. JP 9-93711 offenbart. Bei der bekannten Bremskraftsteuervorrichtung sind die angetriebenen Räder mit einer hydraulischen Bremsvorrichtung (d. h. einer Reibungsbremsvorrichtung) versehen, und die antreibenden Räder sind mit einer regenerativen Bremsvorrichtung und einer hydraulischen Bremsvorrichtung versehen. Wenn die regenerative Bremskraft der antreibenden Räder im Betrieb einen bestimmten Wert erreicht, der gleich einem Maximalwert oder kleiner als dieser ist, wird die regenerative Bremskraft auf dem bestimmten Wert gehalten und eine hydraulische Bremsung der angetriebenen Räder eingeleitet. Unter der hydraulischen Bremsung der angetriebenen Räder wird die an die antreibenden Räder angelegte regenerative Bremskraft auf dem bestimmten Wert gehalten, bis das Verhältnis zwischen den Bremskräften der angetriebenen Räder und der antreibenden Räder gleich einem bestimmten Verhältnis wird.

[0003] Die vorstehend beschriebene Bremskraftsteuervorrichtung ermöglicht eine angemessene Steuerung des Bremskraftverhältnisses zwischen den angetriebenen Rädern und den antreibenden Rädern unter Ausführung einer regenerativen Bremsung der antreibenden Räder so, daß die an die antreibenden Räder angelegte regenerative Bremskraft gleich dem bestimmten Wert wird, der wiederum gleich dem Maximalwert oder kleiner als dieser ist, auf das bestimmte Verhältnis zu steuern.

[0004] Wie vorstehend erwähnt wird bei der bekannten Bremskraftsteuervorrichtung die hydraulische Bremsung der angetriebenen Räder eingeleitet, wenn die regenerative Bremskraft der antreibenden Räder den bestimmten Wert erreicht; die regenerative Bremskraft wird auf dem bestimmten Wert gehalten, bis das Verhältnis zwischen den Bremskräften der angetriebenen Räder und der antreibenden Räder gleich dem bestimmten Verhältnis wird. Dieser Typ von Bremskraftsteuervorrichtung gestattet jedoch keine Maximierung der Regenerationseffizienz der regenerativen Bremsvorrichtung. Im Gegenteil, im Versuch, die Regenerationseffizienz der regenerativen Bremsvorrichtung zu maximieren, läßt sich das Bremskraftverhältnis zwischen den angetriebenen Rädern und den antreibenden Rädern nicht auf das bestimmte Verhältnis steuern.

[0005] Außerdem sind die angetriebenen Räder des Fahrzeugs, das in der vorstehend genannten Offenlegungsschrift offenbarte Bremskraftsteuervorrichtung aufweist, nicht mit einer regenerativen Bremsvorrichtung versehen, so daß eine regenerative Bremsung, d. h. eine Wiedergewinnung elektrischer Energie während einer Bremsung der angetriebenen Räder, erst gar nicht möglich ist. Die bekannte Bremskraftsteuervorrichtung gestattet daher keine regenerative Bremsung der angetriebenen Räder und damit keine Verbesserung der Regenerationseffizienz des Fahrzeugs insgesamt; sie kann daher in dieser Hinsicht verbessert werden.

[0006] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug mit regenerativen Bremsvorrichtungen und einer Reibungsbremsvorrichtung für die Vorder- und Hinterräder zu schaffen, bei der die regenerati-

ven Bremsvorrichtungen und die Reibungsbremsvorrichtung für die Vorder- und Hinterräder im Rahmen einer angemessenen Steuerung optimal betätigt werden und somit eine verbesserte Regenerationseffizienz des Fahrzeugs insgesamt gewährleisten, gleichzeitig aber ein bestimmtes Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern erzielen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Bremskraftsteuervorrichtung nach dem Patentanspruch 1 bzw. das Bremskraftsteuerverfahren nach dem Patentanspruch 13 gelöst.

[0008] Vorgeschlagen werden im Besonderen eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug mit (a) einer ersten und einer zweiten regenerativen Bremsvorrichtung zum Ausführen einer regenerativen Bremsung der Vorder- bzw. Hinterräder und (b) einer Reibungsbremsvorrichtung zum Ausführen einer Reibungsbremsung der Vorder- und Hinterräder. Eine Steuereinrichtung der Bremskraftsteuervorrichtung berechnet eine erste Soll-Bremskraft der Vorderräder und eine zweite Soll-Bremskraft der Hinterräder basierend auf einer vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Bremsforderung und einem Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern. Die Steuereinrichtung läßt zunächst die erste und zweite regenerativen Bremsvorrichtung an den Vorder- bzw. Hinterrädern regenerative Bremskräfte erzeugen und läßt, falls erforderlich, anschließend die Reibungsbremsvorrichtung an jedem der Vorder- und Hinterräder eine Reibungsbremskraft erzeugen, so daß eine an die Vorderräder angelegte Gesamt-Bremskraft und eine an die Hinterräder angelegte Gesamt-Bremskraft auf die erste bzw. zweite Soll-Bremskraft gesteuert werden.

[0009] Mit der vorstehend beschriebenen Bremskraftsteuervorrichtung und dem vorstehend beschriebenen Bremskraftsteuerverfahren wird die gesamte Bremskraft des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von der vom Fahrer oder Fahrzeugbediener vorgegebenen Bremsforderung angemessen gesteuert; außerdem wird das Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern angemessen auf ein vorgegebenes Bremskraftverhältnis gesteuert. Ferner können die regenerativen Bremsvorrichtungen und die Reibungsbremsvorrichtung für die Vorder- und Hinterräder optimal betätigt werden, was eine verbesserte Regenerationseffizienz des Fahrzeugs insgesamt und einen deutlich geringeren Kraftstoffverbrauch gewährleistet im Vergleich zu herkömmlichen Bremsvorrichtungen, die durch eine herkömmliche Bremskraftsteuervorrichtung gesteuert werden.

[0010] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform ersichtlich, in der auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen wird, in denen dieselben Bezugszeichen dieselben Bauteile zeigen und in denen:

[0011] Fig. 1 eine Darstellung ist, die schematisch den Aufbau eines an den Vorderrädern angetriebenen Fahrzeugs mit einem Hybridantriebsstrang und einer erfindungsgemäßen Bremskraftsteuervorrichtung in der bevorzugten Ausführungsform zeigt;

[0012] Fig. 2 ein Ablaufdiagramm ist, das eine Bremskraftsteuerroutine darstellt, die durch eine Bremssteuereinheit der Ausführungsform aus Fig. 1 ausgeführt wird;

[0013] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm ist, das eine regenerative Bremskraftsteuerroutine darstellt, die durch eine Brennkraftmaschinensteuereinheit der Ausführungsform aus Fig. 1 ausgeführt wird;

[0014] Fig. 4 ein Diagramm ist, das die Beziehung zwischen einem Betätigungshub S_p eines Bremspedals und einer Soll-Verzögerung G_{st} zeigt;

[0015] Fig. 5 ein Diagramm ist, das die Beziehung zwischen einem Hauptzylinderdruck P_m und einer Soll-Verzögerung G_{pt} zeigt;

[0016] Fig. 6 ein Diagramm ist, das die Beziehung zwischen einer im vorherigen Zyklus erhaltenen endgültigen Soll-Verzögerung G_t und einem der Soll-Verzögerung G_{pt} verliehenen Gewicht α zeigt; und

[0017] Fig. 7 ein Diagramm ist, das die Beziehung zwischen der Soll-Bremskraft F_{bft} der Vorderräder und der Soll-Bremskraft F_{bft} der Hinterräder zeigt.

[0018] Bezugnehmend auf die Zeichnungen wird nun die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ausführlich beschrieben.

[0019] Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Bremskraftsteuervorrichtung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, die in einem an den Vorderrädern angetriebenen Fahrzeug zum Einsatz kommt, in dem ein Antriebsstrang der Hybridbauart eingerichtet ist.

[0020] In Fig. 1 weist der Hybridantriebsstrang 10, der die Vorderräder antreibt, eine Brennkraftmaschine 12 (in dieser Ausführungsform einen Benzinmotor) und einen Motor/Generator 14 auf. Ein stufenlos verstellbares Getriebe 18, das eine Kupplung aufweist, hat eine Eingangswelle, die an eine Ausgangswelle 16 der Brennkraftmaschine 12 sowie an eine Ausgangswelle 20 des Motors/Generators 14 gekoppelt ist. Eine Drehbewegung der Ausgangswelle 19 des stufenlos verstellbaren Getriebes 18 wird über ein Vorderrad-Differential 22 auf die Achswellen 24FL und 24FR des linken bzw. rechten Vorderrads übertragen, um das linke und rechte Vorderrad 26FL bzw. 26FR anzutreiben und in Drehung zu setzen.

[0021] Die Brennkraftmaschine 12 und der Motor/Generator 14 des Hybridantriebsstrangs 10 werden in Abhängigkeit von beispielsweise der Größe der Betätigung eines (nicht gezeigten) Gaspedals durch den Fahrer und den Fahrzeugzuständen des Fahrzeugs durch eine Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 gesteuert. Der Motor/Generator 14 fungiert außerdem als ein Generator einer regenerativen Bremsvorrichtung 30 für die Vorderräder. Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 steuert den Motor/Generator 14, wenn er als ein regenerativer Generator zum Wiedergewinnen elektrischer Energie während einer regenerativen Bremsung fungiert.

[0022] Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform kann der Hybridantriebsstrang 10 im Besonderen in einem aus verschiedenen Betriebsmodi gewählten Betriebsmodus betrieben werden, welche einen Normalantriebsmodus, einen Elektrofahrzeugmodus und einen Brennkraftmaschinenbremsmodus beinhalten. Ist ein (nicht gezeigter) Schalthebel während eines normalen Fahrzeugzustands des Fahrzeugs in einem D (Antrieb)-Bereich platziert, arbeitet der Hybridantriebsstrang 10 im Normalantriebsmodus, in dem eine Antriebskraft oder Brennkraftmaschinenbremskraft durch die Brennkraftmaschine 12 oder durch sowohl die Brennkraftmaschine 12 als auch den Motor/Generator 14 erzeugt wird. Befindet sich der Schalthebel zwar im D-Bereich, ist aber die Last gering, arbeitet der Hybridantriebsstrang 10 im Elektrofahrzeugmodus, in dem eine Antriebskraft ausschließlich durch den Motor/Generator 14 erzeugt wird. Ist der Schalthebel in einem B-Bereich platziert, arbeitet der Hybridantriebsstrang 10 im Brennkraftmaschinenbremsmodus, in dem die Antriebskraft oder Brennkraftmaschinenbremskraft durch die Brennkraftmaschine 12 und den Motor/Generator 14 erzeugt wird, und zwar so, daß die in diesem Modus erzeugte Brennkraftmaschinenbremskraft größer ist, als wenn der Schalthebel in den D-Bereich platziert wird. Befindet sich der Schalthebel im D-Bereich und betätigt der Fahrer ein Bremspedal 32, fungiert der Motor/Generator 14 als der vorstehend erwähnte regenerative Generator.

[0023] In Fig. 1 wird eine Drehbewegung des linken und rechten Hinterrads 34RL bzw. 34RR, die als die angetriebe-

nen Räder fungieren, über Achswellen 36RL bzw. 36RR und ein Hinterrad-Differential 38 auf einen Motor/Generator 42 einer regenerativen Bremsvorrichtung 40 für die Hinterräder übertragen. Die vorstehend erwähnte Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 kann ferner zum Steuern einer durch den Motor/Generator 42 bewirkten regenerativen Bremsung betätigt werden. Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 fungiert somit als eine regenerative Bremssteuereinheit zum Steuern der regenerativen Bremsvorrichtungen 30, 40.

[0024] Ein Hydraulikkreis 46 einer Reibungsbremsvorrichtung 44 kann zum Steuern der an Radzylinder 48FL, 48FR, 48RL bzw. 48RR entsprechend dem linken und rechten Vorder- und Hinterrädern 26FL, 26FR, 34RL bzw. 34RR angelegten Bremsdrücke betätigt werden, um dadurch die Reibungsbremskräfte der jeweiligen Räder 26FL, 26FR, 34RL bzw. 34RR zu steuern. Obwohl in den Zeichnungen nicht gezeigt, weist der Hydraulikkreis 46 einen Speicherbehälter, eine Ölpumpe und verschiedene Ventilvorrichtungen auf. Die Reibungsbremsvorrichtung 44 mit dem Hydraulikkreis 46 wird durch eine Bremssteuereinheit 52 gesteuert. Während eines normalen Betriebs werden durch die Bremssteuereinheit 52 die jeweils an die Radzylinder angelegten Bremsdrücke in Abhängigkeit vom Druck eines Hauptzylinders 50 gesteuert, der entsprechend der Größe oder dem Grad der Betätigung des Bremspedals 32 durch den Fahrer betätigt wird.

[0025] Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 erhält von einem Gaspedalsensor 54 ein Signal, das die Größe der Betätigung des Gaspedals angibt, und von einem Schaltstellungssensor 56 ein Signal, das die momentane Schaltstellung des stufenlos verstellbaren Getriebes 18 angibt. Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 erhält ferner von der Bremssteuereinheit 52 ein Signal, das eine regenerative Soll-Bremskraft F_{rgft} der Vorderräder angibt, und ein Signal, das eine regenerative Soll-Bremskraft F_{rgft} der Hinterräder angibt.

[0026] Die Bremssteuereinheit 52 erhält von einem Hubsensor 58 ein Signal, das einen Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 angibt, und von einem Drucksensor 60 ein Signal, das einen Druck P_m des Hauptzylinders 50 angibt. Die Bremssteuereinheit 52 erhält ferner von Drucksensoren 62fl, 62fr, 62rl und 62rr Signale, die die an die Radzylinder 48FL, 48FR, 48RL bzw. 48RR der linken und rechten Vorder- und Hinterräder angelegten Bremsdrücke P_{fl} , P_{fr} , P_{rl} bzw. P_{rr} angeben.

[0027] Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 und die Bremssteuereinheit 52 können jeweils eine allgemeine Konfiguration oder Anordnung aufweisen, die einen Mikrocomputer mit CPU, ROM, RAM, Eingangs- und Ausgangsvorrichtungen und einem Treiberschaltkreis beinhaltet.

[0028] Wie nachstehend ausführlich beschrieben wird, berechnet die Bremssteuereinheit 52 eine endgültige Soll-Verzögerung G_t des Fahrzeugs entsprechend einer durch den Fahrer vorgegebenen Bremsforderung, basierend auf dem Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 und dem Hauptzylinderdruck P_m gemäß einer in Fig. 2 gezeigten Routine. Die Bremsforderung entspricht einem Bremsbetrag oder -grad, den der Fahrer fordert oder wünscht. Die Bremssteuereinheit 52 berechnet anschließend basierend auf der endgültigen Soll-Verzögerung G_t und einem vorgegebenen Verhältnis der Bremskräfte zwischen den auf die Vorder- und Hinterräder verteilten Bremskräften Soll-Bremskräfte F_{bft} und F_{bft} für die Vorder- bzw. Hinterräder. Wenn F_{rgfmax} und F_{rgfmax} die maximalen regenerativen Bremskräfte darstellen, die durch die regenerativen Bremsvorrichtungen 30 bzw. 40 erzeugt werden können, verwendet die Bremssteuereinheit 52 die kleinere der Soll-Bremskraft F_{bft} und der

maximalen regenerativen Bremskraft F_{rgfmax} als eine regenerative Soll-Bremskraft F_{rgft} für die Vorderräder und die kleinere der Soll-Bremskraft F_{brt} und der maximalen regenerativen Bremskraft F_{rgfmax} als eine regenerative Soll-Bremskraft F_{grt} für die Hinterräder. Die Bremssteuereinheit 52 überträgt anschließend Signale, die die regenerativen Vorderrad- und Hinterrad-Soll-Bremskräfte F_{rgft} bzw. F_{grt} darstellen, an die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28.

[0029] Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 steuert den Motor/Generator 14 der regenerativen Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 unter Verwendung der regenerativen Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{rgft} als einen oberen Grenzwert und berechnet die durch die regenerative Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 tatsächlich erzeugte regenerative Ist-Bremskraft F_{rgfa} basierend auf der Spannung und dem Strom, die bzw. den der Motor/Generator 14 erzeugt. Ähnlich dazu steuert die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 den Motor/Generator 42 der regenerativen Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 unter Verwendung der regenerativen Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{grt} als oberen Grenzwert und berechnet die durch die regenerative Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 tatsächlich erzeugte regenerative Ist-Bremskraft F_{grga} basierend auf der Spannung und dem Strom, die bzw. den der Motor/Generator 42 erzeugt. Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 übermittelt daraufhin Signale, die die regenerativen Ist-Bremskräfte F_{rgfa} und F_{grga} angeben, an die Bremssteuereinheit 52.

[0030] Anschließend setzt die Bremssteuereinheit 52 eine Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} der Vorderräder auf einen Wert, der durch Subtrahieren der regenerativen Vorderrad-Ist-Bremskraft F_{rgfa} von der Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{brt} erhalten wird, und setzt eine Soll-Reibungsbremskraft F_{bprr} der Hinterräder auf einen Wert, der durch Subtrahieren der regenerativen Hinterrad-Ist-Bremskraft F_{grga} von der Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{brt} erhalten wird. Die Bremssteuereinheit 52 berechnet dann die an das linke und rechte Vorderrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{bftl} bzw. P_{bftf} basierend auf der Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} sowie die an das linke und rechte Hinterrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{brtl} bzw. P_{brtr} basierend auf der Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bprr} . Die Bremssteuereinheit 52 steuert daraufhin den Bremsdruck jedes Rads so, daß der Bremsdruck P_i ($i = fl, fr, rl, rr$) der linken und rechten Vorder- und Hinterräder gleich dem jeweiligen Soll-Bremsdruck P_{bui} ($i = fl, fr, rl, rr$) wird.

[0031] Selbstverständlich kann die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 den Betriebsmodus des Hybridantriebsstrangs 10 und der Brennkraftmaschine 12 auch abweichend von der Art und Weise der beschriebenen Ausführungsform steuern, da diese Steuerungen nicht das Konzept der Erfindung bilden.

[0032] Bezugnehmend auf das in Fig. 2 gezeigte Ablaufdiagramm wird nachstehend eine durch die Bremssteuereinheit 52 der vorliegenden Ausführungsform auszuführende Bremskraftsteueroutine erläutert. Die Steuerung gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 2 beginnt mit dem Schließen eines (nicht gezeigten) Zündschalters und wird in vorgegebenen Zeitintervallen wiederholt.

[0033] Im Schritt S10 liest die Bremssteuereinheit 52 ein Signal, das einen durch den Hubsensor 58 erfaßten Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 angibt, und ein Signal, das einen durch den Drucksensor 60 erfaßten Druck P_m des Hauptzylinders 50 angibt. Im Schritt S20 wird basierend auf dem Bremspedal-Betätigungshub S_p unter Verwendung eines Verzeichnisses entsprechend dem in Fig. 4 gezeigten Diagramm eine Soll-Verzögerung G_{st} berechnet. Im Schritt S30 wird basierend auf dem Hauptzylinderdruck P_m unter Verwendung eines Verzeichnisses entsprechend dem in Fig.

5 gezeigten Diagramm eine Soll-Verzögerung G_{pt} berechnet.

[0034] Im Schritt S40 wird ein Gewicht α ($0 \leq \alpha \leq 1$), das der auf dem Hauptzylinderdruck P_m basierend Soll-Verzögerung G_{pt} verliehen wird, auf der Basis der im vorherigen Steuerungszyklus erhaltenen endgültigen Soll-Verzögerung G_t unter Verwendung eines Verzeichnisses entsprechend dem in Fig. 6 gezeigten Diagramm berechnet. Im Schritt S50 wird die endgültige Soll-Verzögerung G_t als eine Summe aus der gewichteten Soll-Verzögerung G_{pt} und der gewichteten Soll-Verzögerung G_{st} gemäß der folgenden Gleichung (1) berechnet:

$$G_t = \alpha \cdot G_{pt} + (1 - \alpha) \cdot G_{st} \quad (1)$$

[0035] Im Schritt S60 werden die Soll-Bremskraft F_{brt} für die Vorderräder und die Soll-Bremskraft F_{brt} für die Hinterräder gemäß den folgenden Gleichungen (2) und (3) berechnet, in denen K_f und K_r positive Konstanten sind, die die Anteile der an die Vorder- und Hinterräder anzulegenden Bremskraft darstellen.

$$F_{brt} = K_f \cdot G_t \quad (2)$$

$$F_{brt} = K_r \cdot G_t \quad (3)$$

[0036] Im Schritt S70 werden die regenerative Soll-Bremskraft F_{rgft} für die Vorderräder und die regenerative Soll-Bremskraft F_{grt} für die Hinterräder gemäß den nachstehend angegebenen Rechenregeln (4) und (5) berechnet und Signale, die die auf diese Weise erhaltenen regenerativen Soll-Bremskräfte F_{rgft} und F_{grt} angeben, an die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 übertragen. In den nachstehend angegebenen Regeln (4) und (5) bedeutet MIN eine Rechenoperation zur Auswahl des kleineren der numerischen Werte in den Klammern (). Wenngleich in der vorliegenden Ausführungsform die regenerativen Maximal-Bremskräfte F_{rgfmax} und F_{grmax} als positive Konstanten vorgegeben sind, können diese Bremskräfte je nach Betriebsmodus des Hybridantriebsstrangs 10 und der Fahrzeuggeschwindigkeit auch variieren.

$$F_{rgft} = \text{MIN}(F_{brt}, F_{rgfmax}) \quad (4)$$

$$F_{grt} = \text{MIN}(F_{brt}, F_{grmax}) \quad (5)$$

[0037] Im Schritt S80 liest die Bremssteuereinheit 52 aus der Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 Signale, die die regenerative Vorderrad-Ist-Bremskraft F_{rgfa} und die regenerative Hinterrad-Ist-Bremskraft F_{grga} angeben, die wie nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben über die durch die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 ausgeführte regenerative Bremssteuerung erzielt wurden. Im Schritt S90 werden die Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} und Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bprr} gemäß den folgenden Gleichungen (6) und (7) berechnet:

$$F_{bpft} = F_{brt} - F_{rgfa} \quad (6)$$

$$F_{bprr} = F_{brt} - F_{grga} \quad (7)$$

[0038] Im Schritt S100 werden die an das linke und rechte Vorderrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{bftl} bzw. P_{bftf} basierend auf der Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} und die an das linke und rechte Hinterrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{brtl} bzw. P_{brtr} basierend auf der Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bprr} berechnet. Im Schritt S110 wird der Bremsdruck jedes Rads in der Art und Weise

einer Regelung so gesteuert, daß die Bremsdrücke P_i der linken und rechten Vorder- und Hinterräder gleich dem jeweiligen Soll-Bremsdruck P_{bti} . Nachdem der Schritt S110 ausgeführt ist, kehrt die Steuerung zum Schritt S10 zurück.

[0039] Bezugnehmend auf das in in Fig. 3 gezeigte Ablaufdiagramm wird nun eine durch die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 in der vorliegenden Ausführungsform auszuführende regenerative Bremssteuerroutine erläutert. Die Steuerung gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 3 beginnt ebenfalls mit dem Schließen des (nicht gezeigten) Zündschalters und wird in vorgegebenen Zeitintervallen wiederholt.

[0040] Im Schritt S210 liest die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 aus der Bremssteuereinheit 52 Signale, die die regenerative Soll-Bremskraft F_{rgft} für die Vorderräder und die regenerative Soll-Bremskraft F_{grt} für die Hinterräder angeben. Im Schritt S220 läßt die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 die regenerative Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 unter Verwendung der regenerativen Soll-Bremskraft F_{rgft} als einen oberen Grenzwert eine regenerative Bremsung ausführen. Im Schritt S230 wird die durch die regenerative Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 an die Vorderräder tatsächlich angelegte regenerative Ist-Bremskraft F_{rgfa} berechnet.

[0041] Ähnlich dazu läßt die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 im Schritt S240 die regenerative Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 unter Verwendung der regenerativen Soll-Bremskraft F_{grt} als einen oberen Grenzwert eine regenerative Bremsung ausführen. Im Schritt S250 wird die durch die regenerative Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 an die Hinterräder tatsächlich angelegte regenerative Ist-Bremskraft F_{grfa} berechnet. Im Schritt S260 werden Signale, die die regenerative Vorderrad-Ist-Bremskraft F_{rgfa} und die regenerative Hinterrad-Ist-Bremskraft F_{grfa} angeben, an die Bremssteuereinheit 52 übertragen. Nachdem der Schritt S260 ausgeführt ist, kehrt die Steuerung zum Schritt S210 zurück.

[0042] In der vorstehend beschriebenen Ausführungsform wird im Schritt S20 die Soll-Verzögerung G_{st} basierend auf dem Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 und im Schritt S30 die Soll-Verzögerung G_{pt} basierend auf dem Hauptzylinderdruck P_m berechnet. Im Schritt S40 wird das der Soll-Verzögerung G_{pt} verliehene Gewicht α basierend auf der im vorherigen Steuerungszyklus erhaltenen endgültigen Soll-Verzögerung G_t berechnet.

[0043] Anschließend wird im Schritt S40 die endgültige Soll-Verzögerung G_t als eine Summe aus der gewichteten Soll-Verzögerung G_{pt} und der gewichteten Soll-Verzögerung G_{st} berechnet; im Schritt S60 werden basierend auf dem bestimmten Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern und der endgültigen Soll-Verzögerung G_t die Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{bft} und die Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{btr} berechnet. Im Schritt S70 wird die regenerative Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{rgft} als die kleinere der Soll-Bremskraft F_{bft} und der regenerativen Vorderrad-Maximal-Bremskraft F_{rgfmax} , und die regenerative Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{grt} als die kleinere der Soll-Bremskraft F_{btr} und der regenerativen Hinterrad-Maximal-Bremskraft F_{grmax} erhalten. Anschließend werden Signale, die die regenerativen Soll-Bremskräfte angeben, an die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 übertragen.

[0044] Im Schritt S220 der in Fig. 3 gezeigten regenerativen Bremsroutine steuert die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 den Motor/Generator 14 der regenerativen Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 unter Verwendung der regenerativen Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{rgft} als oberer Grenzwert. Im nächsten Schritt S230 wird die durch die regenerative Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 erzeugte regenerative

Ist-Bremskraft F_{rgfa} basierend auf der Spannung und dem Strom berechnet, die bzw. den der Motor/Generator 14 erzeugt. Im Schritt S240 steuert die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 den Motor/Generator 42 der regenerativen Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 unter Verwendung der regenerativen Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{grt} als oberer Grenzwert. Im nächsten Schritt S250 wird die durch die regenerative Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 erzeugte regenerative Ist-Bremskraft F_{grfa} basierend auf der Spannung und dem Strom berechnet, die bzw. den der Motor/Generator 42 erzeugt.

[0045] Bezugnehmend auf das Ablaufdiagramm der Fig. 2 wird im Schritt S90 die Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bft} durch Subtrahieren der regenerativen Ist-Bremskraft F_{rgfa} von der regenerativen Soll-Bremskraft F_{bft} , und im Schritt S90 die Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{btr} durch Subtrahieren der regenerativen Ist-Bremskraft F_{grfa} von der Soll-Bremskraft F_{btr} berechnet. Im Schritt S100 werden die an das linke und rechte Vorderrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{bftl} bzw. P_{bftR} basierend auf der Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bft} , und die an das linke und rechte Hinterrad anzulegenden Soll-Bremsdrücke P_{btrl} bzw. P_{btrR} basierend auf der Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{btr} berechnet. Im Schritt S110 wird der Bremsdruck jedes Rads in der Art und Weise einer Regelung so gesteuert, daß die Bremsdrücke P_i der linken und rechten Vorder- und Hinterräder gleich dem jeweiligen Soll-Bremsdruck P_{bti} werden.

[0046] In der vorgestellten Ausführungsform wird die endgültige Soll-Verzögerung G_t , die die durch den Fahrer vorgegebene Bremsforderung darstellt, basierend auf dem Pedalhübe S_p als eine Betätigungsgröße des Bremspedals 32 und dem Hauptzylinderdruck P_m berechnet; die Gesamt-Bremskraft des Fahrzeugs, d. h. die Summe aus den an die Vorder- und Hinterrädern durch die Reibungsbremsvorrichtung und die regenerativen Bremsvorrichtungen angelegten Bremskräfte, wird somit auf einen Wert entsprechend der endgültigen Soll-Verzögerung G_t gesteuert. Somit läßt sich die Gesamt-Bremskraft des Fahrzeugs entsprechend der vom Fahrer vorgegebenen Bremsforderung zuverlässig steuern.

[0047] In der vorgestellten Ausführungsform wird das Verhältnis der durch die Reibungsbremsvorrichtung und die regenerativen Bremsvorrichtung an die Vorderräder angelegten gesamten Bremskraft und der durch die Reibungsbremsvorrichtung und die regenerative Bremsvorrichtung an die Hinterräder angelegten gesamten Bremskraft ständig so gesteuert, daß es gleich dem vorgegebenen Bremskraftverhältnis K_f/K_r ist. Somit läßt sich das Verhältnis der auf die Vorder- und Hinterräder verteilten Bremskräfte zuverlässig auf das vorgegebene Bremskraftverhältnis steuern, und zwar ungeachtet des Anteils der durch die Reibungsbremsvorrichtung erzeugten Bremskraft und der durch die regenerative Bremsvorrichtung erzeugten Bremskraft. Auf diese Weise lassen sich eine Beeinträchtigung der Fahrstabilität des Fahrzeugs sowie Änderungen im Steuerungsverhalten zuverlässig vermeiden, die andernfalls eintreten würden, wenn das Verhältnis der an die an die Vorder- und Hinterräder angelegten Bremskräfte von dem bestimmten Verhältnis abweicht.

[0048] Des Weiteren wird die Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{bft} dadurch erzielt oder realisiert, daß die regenerative Bremskraft und die Reibungsbremskraft der Vorderräder in der Weise gesteuert werden, daß die regenerative Vorderrad-Bremsvorrichtung die maximale regenerative Bremskraft vorsieht. Ähnlich dazu wird die Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{btr} dadurch erzielt, daß die regenerative Bremskraft und die Reibungsbremskraft der Hinterräder in der Weise ge-

steuert werden, daß die regenerative Hinterrad-Bremsvorrichtung die maximale regenerative Bremskraft vorsieht. Somit lassen sich die regenerative Bremskraft und die Reibungsbremskraft so steuern, daß die Regenerationseffizienz des Fahrzeugs insgesamt maximiert und gleichzeitig das Verhältnis der auf die Vorder- und Hinterräder verteilten Bremskräfte auf dem vorgegebenen Bremskraftverhältnis gehalten wird.

[0049] Generell stimmt selbst in dem Fall, in dem eine regenerative Bremsvorrichtung, insbesondere eine regenerative Bremsvorrichtung mit einem in einem Hybridantriebsstrang integrierten Motor/Generator, so gesteuert wird, daß sie eine regenerative Soll-Bremskraft bereitstellt, die durch die regenerative Bremsvorrichtung tatsächlich erzeugte regenerative Ist-Bremskraft nicht mit der regenerativen Soll-Bremskraft überein, sondern wird aufgrund verschiedener Hindernisse kleiner als die regenerative Soll-Bremskraft.

[0050] In der vorgestellten Ausführungsform steuert die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 den Motor/Generator 14 der regenerativen Vorderrad-Bremsvorrichtung 30 und den Motor/Generator 42 der regenerativen Hinterrad-Bremsvorrichtung 40 unter Verwendung der regenerativen Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{rgft} und der regenerativen Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{rgrt} als obere Grenzwerte der jeweiligen Bremskräfte. Die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 berechnet dann die regenerativen Ist-Bremskräfte F_{rgfa} , F_{rgra} der Vorder- und Hinterräder basierend auf der Spannung und dem Strom, die bzw. den der jeweilige Motor/Generator erzeugt, und berechnet die Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} und die Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bprt} durch Subtrahieren der regenerativen Ist-Bremskraft F_{rgfa} , F_{rgra} von der Soll-Bremskraft F_{bft} , F_{bft} . Dementsprechend lassen sich die an die Vorder- und Hinterräder angelegten Reibungsbremskräfte mit einer höheren Genauigkeit steuern, so daß die Bremskraft des Fahrzeugs insgesamt präziser der durch den Fahrer vorgegeben Bremsforderung entspricht, als wenn die Vorderrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bpft} und die Hinterrad-Soll-Reibungsbremskraft F_{bprt} durch Subtrahieren der regenerativen Soll-Bremskraft F_{rgft} , F_{rgrt} von der Soll-Bremskraft F_{bft} , F_{bft} berechnet werden.

[0051] Wenngleich die Erfindung an einer bevorzugten Ausführungsform beschrieben wurde, sei darauf hingewiesen, daß die Erfindung nicht auf die bevorzugte Ausführungsform oder deren Konfiguration beschränkt ist. Vielmehr erstreckt sich die Erfindung im Rahmen des Schutzzumfangs der Ansprüche auf verschiedene Modifikationen und gleichwertige Anordnungen. Die verschiedenen Elemente der bevorzugten Ausführungsform wurden in einer beispielhaften Kombination und Konfiguration gezeigt; jedoch sollen selbstverständlich auch andere Kombinationen und Konfigurationen mit mehreren oder weniger Elementen oder mit nur einem einzelnen Element vom Schutzzumfang der Ansprüche umfaßt sein.

[0052] In der vorgestellten Ausführungsform wird die Soll-Verzögerung G_t basierend auf dem Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 und dem Hauptzylinderdruck P_m berechnet, und die Vorderrad-Soll-Bremskraft F_{bft} und die Hinterrad-Soll-Bremskraft F_{bft} werden basierend auf der Soll-Verzögerung G_t berechnet. Jedoch können die Soll-Bremskräfte F_{bft} , F_{bft} der Vorder- und Hinterräder auch basierend auf dem Betätigungshub S_p des Bremspedals 32 oder dem Hauptzylinderdruck P_m berechnet werden.

[0053] Wenngleich in der vorgestellten Ausführungsform das Verhältnis K_f/K_r der an die Vorderräder angelegten Bremskraft zu der an die Hinterräder angelegten Bremskraft konstant ist, ohne daß auf die Größe der Soll-Gesamt-Bremskraft Bezug genommen wird, kann der Anteil K_r der

Bremskraft der Hinterräder gegenüber dem Anteil K_f der Vorderräder mit einer Zunahme der Soll-Gesamt-Bremskraft abnehmen, wie es durch die gestrichelte Linie im Diagramm von Fig. 7 gezeigt ist.

[0054] In der vorgestellten Ausführungsform werden Signale, die die regenerativen Soll-Bremskräfte und die regenerativen Ist-Bremskräfte der Vorder- und Hinterräder angeben, zwischen der Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 und der Bremssteuereinheit 52 übertragen. Diese Ausführungsform kann so abgewandelt werden, daß basierend auf der regenerativen Soll-Bremskraft zunächst ein regeneratives Soll-Bremsmoment berechnet und ein Signal, das das regenerative Soll-Bremsmoment angibt, von der Bremssteuereinheit 52 an die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 übertragen wird, und die Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 die regenerative Bremsung unter Verwendung des regenerativen Soll-Bremsmoments als oberen Grenzwert steuert. Andererseits wird ein Signal, das das regenerative Ist-Bremsmoment angibt, von der Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 an die Bremssteuereinheit 52 übertragen und die regenerative Ist-Bremskraft basierend auf dem von der Brennkraftmaschinensteuereinheit 28 erhaltenen regenerativen Ist-Bremsmoment berechnet.

[0055] In der vorgestellten Ausführungsform ist das Antriebssystem für den Antrieb des Fahrzeugs ein Hybridantriebsstrang 10 mit einem Benzinmotor als Brennkraftmaschine 12 und dem Motor/Generator 14, der sich auch als ein Generator für eine regenerative Bremsung betreiben läßt. Jedoch kann der Hybridantriebsstrang auch eine Brennkraftmaschine anderer Bauart, z. B. einen Dieselmotor, beinhalten. Ferner kann das Antriebssystem für den Antrieb des Fahrzeugs eine allgemein bekannte Brennkraftmaschine sein, unabhängig von welcher ein Generator für eine regenerative Bremsung vorgesehen ist.

[0056] Wenngleich das Fahrzeug in der vorgestellten Ausführungsform ein an den Vorderrädern angetriebenes Fahrzeug ist, kann die Erfindung gleichermaßen auf ein an den Hinterrädern angetriebenes Fahrzeug oder ein Vierrad-angetriebenes Fahrzeug angewendet werden. Wenngleich in der vorgestellten Ausführungsform der für die Hinterräder vorgesehene Motor/Generator 40 einzig als ein Generator für eine regenerative Bremsung fungiert, kann die Ausführungsform so abgewandelt werden, daß der Hinterrad-Motor/Generator bei Bedarf auch als eine Hilfsantriebsquelle zum Antreiben der Hinterräder fungiert.

[0057] Zusammenfassend betrifft die Erfindung somit eine Bremskraftsteuervorrichtung und ein Bremskraftsteuerverfahren für ein Kraftfahrzeug mit (a) regenerativen Bremsvorrichtungen (30, 40) für die Vorder- bzw. Hinterräder (26FL, 26FR, 34RL, 34RR) und (b) einer Reibungsbremsvorrichtung (44) für jedes der Vorder- und Hinterräder. Basierend auf einer vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Bremsforderung und einem Bremskraftverhältnis der Vorder- und Hinterräder werden eine Soll-Bremskraft der Vorderräder und eine Soll-Bremskraft der Hinterräder berechnet. Zunächst werden die regenerativen Bremsvorrichtungen zum Erzeugen regenerativer Bremskräfte an den Vorder- bzw. Hinterrädern und, bei Bedarf, schließlich auch noch die Reibungsbremsvorrichtung zum Erzeugen einer Reibungsbremskraft an jedem der Vorder- und Hinterräder so gesteuert, daß eine an die Vorderräder angelegte gesamte Bremskraft und eine an die Hinterräder angelegte gesamte Bremskraft auf eine Vorderrad-Soll-Bremskraft bzw. eine Hinterrad-Soll-Bremskraft gesteuert werden.

Patentansprüche

1. Bremskraftsteuervorrichtung für ein Kraftfahrzeug

mit (a) einer ersten und einer zweiten regenerativen Bremsvorrichtung (30, 40) zum Ausführen einer regenerativen Bremsung der Vorder- bzw. Hinterräder (26FL, 26FR, 34RL, 34RR) und (b) einer Reibungsbremsvorrichtung (44) zum Ausführen einer Reibungsbremsung der Vorder- und Hinterräder, wobei basierend auf einer vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Bremsforderung und einem Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern eine erste Soll-Bremskraft der Vorderräder und eine zweite Soll-Bremskraft der Hinterräder berechnet werden; und zunächst die erste regenerative Bremsvorrichtung und die zweite regenerative Bremsvorrichtung zum Erzeugen regenerativer Bremskräfte an den Vorder- bzw. Hinterrädern und, falls erforderlich, anschließend die Reibungsbremsvorrichtung zum Erzeugen einer Reibungsbremskraft an den Vorder- und Hinterrädern so gesteuert werden, daß eine gesamte Bremskraft an den Vorderrädern und eine gesamte Bremskraft an den Hinterrädern auf die erste bzw. zweite Soll-Bremskraft gesteuert werden.

2. Bremskraftsteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei

eine durch die erste regenerative Bremsvorrichtung vorsehbare erste regenerative Maximal-Bremskraft und eine durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung vorsehbare zweite regenerativ Maximal-Bremskraft bestimmt werden; eine erste regenerative Soll-Bremskraft auf die kleinere der ersten Soll-Bremskraft und der ersten regenerativen Maximal-Bremskraft gesetzt wird, und eine zweite regenerative Soll-Bremskraft auf die kleinere der zweiten Soll-Bremskraft und der zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft gesetzt wird; und die erste regenerative Bremsvorrichtung für die Vorderräder so gesteuert wird, daß sie die erste regenerative Soll-Bremskraft vorsieht, und die zweite regenerative Bremsvorrichtung für die Hinterräder so gesteuert wird, daß sie die zweite regenerative Soll-Bremskraft vorsieht.

3. Bremskraftsteuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei

eine durch die erste regenerative Bremsvorrichtung tatsächlich erzeugte erste regenerative Ist-Bremskraft und eine durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung tatsächlich erzeugte zweite regenerative Ist-Bremskraft bestimmt werden; eine erste Soll-Reibungsbremskraft der Vorderräder auf einen durch Subtrahieren der ersten regenerativen Ist-Bremskraft von der ersten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert gesetzt wird, und eine zweite Soll-Reibungsbremskraft der Hinterräder auf einen durch Subtrahieren der zweiten regenerativen Ist-Bremskraft von der zweiten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert gesetzt wird; und die Reibungsbremsvorrichtungen für die Vorder- und Hinterräder jeweils so gesteuert werden, daß sie die erste bzw. zweite Soll-Reibungsbremskraft vorsehen.

4. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit einer Bremssteuereinheit (52) und einer regenerativen Bremssteuereinheit (28), die untereinander Informationen austauschen; wobei die Bremssteuereinheit (52) die Reibungsbremsvorrichtung (44) zum Steuern der an die Vorder- und Hinterräder angelegten Bremsdrücke und die regenerative Bremssteuereinheit (28) zum Steuern der ersten und zweiten regenerativen Bremsvorrichtung (30, 40) steuert.

5. Bremskraftsteuervorrichtung nach Anspruch 4, wo-

bei

die Bremssteuereinheit (52) eine durch die erste regenerative Bremsvorrichtung vorsehbare erste regenerative Maximal-Bremskraft und eine durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung vorsehbare zweite regenerative Maximal-Bremskraft bestimmt;

die Bremssteuereinheit (52) eine erste regenerative Soll-Bremskraft auf die kleinere der ersten Soll-Bremskraft und der ersten regenerativen Maximal-Bremskraft und eine zweite regenerative Soll-Bremskraft auf die kleinere der zweiten Soll-Bremskraft und der zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft setzt; und die Bremssteuereinheit (52) Signale, die die erste regenerative Soll-Bremskraft und die zweite regenerative Soll-Bremskraft angeben, an die regenerative Bremssteuereinheit (28) überträgt, und die regenerative Bremssteuereinheit (28) die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) für die Vorderräder und die zweite regenerative Bremsvorrichtung (40) für die Hinterräder so steuert, daß sie die erste bzw. zweite regenerative Soll-Bremskraft vorsehen.

6. Bremskraftsteuervorrichtung nach Anspruch 5, wobei:

die regenerative Bremssteuereinheit (28) eine durch die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) tatsächlich erzeugte erste regenerative Ist-Bremskraft und eine durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung (40) tatsächlich erzeugte zweite regenerative Ist-Bremskraft bestimmt und Signale, die die erste und zweite regenerative Ist-Bremskraft angeben, an die Bremssteuereinheit (52) überträgt;

die Bremssteuereinheit (52) eine erste Soll-Reibungsbremskraft der Vorderräder auf einen durch Subtrahieren der ersten regenerativen Ist-Bremskraft von der ersten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert und eine zweite Soll-Reibungsbremskraft der Hinterräder auf einen durch Subtrahieren der zweiten regenerativen Ist-Bremskraft von der zweiten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert setzt; und

die Bremssteuereinheit (52) die Reibungsbremsvorrichtungen (44) für die Vorder- und Hinterräder so steuert, daß sie die erste bzw. zweite Soll-Reibungsbremskraft vorsehen.

7. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei:

das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (12) und einem Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs und einer Hybridantriebsstrang-Steuereinheit (28) zum Steuern der Brennkraftmaschine und des Motors/Generators ist;

wenigstens eine der ersten und Zweiten regenerativen Bremsvorrichtungen (30, 40) den Motor/Generator umfaßt; und

die regenerative Bremssteuereinheit (28) die Hybridantriebsstrang-Steuereinheit (28) umfaßt.

8. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (12) und einem Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs ist, und wobei wenigstens eine der ersten und zweiten regenerativen Bremsvorrichtungen (30, 40) den Motor/Generator (14) umfaßt.

9. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Fahrzeug ein an den Vorderrädern angetriebenes Fahrzeug ist, und wobei die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) für die Vorderräder einen Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs umfaßt.

10. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei basierend auf der vom Fahrer vorgegebenen Bremsforderung eine Sollverzögerung des Kraftfahrzeugs zum Berechnen der ersten Soll-Bremskraft der Vorderräder und der zweiten Soll-Bremskraft der Hinterräder berechnet wird.

11. Bremskraftsteuervorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Reibungsbremsvorrichtung (44) ein Bremspedal (32), einen funktionell mit dem Bremspedal in Verbindung stehenden Hauptzylinder (50) und einen Hydraulikkreis (46), der die an die Vorder- und Hinterräder angelegten Bremsdrücke steuert, umfaßt, und wobei die Bremsforderung basierend auf der Größe der vom Fahrer ausgeführten Bremspedalbetätigung und/oder einem Hauptzylinderdruck berechnet wird.

12. Bremskraftsteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern konstant ist.

13. Verfahren zum Steuern einer Bremskraft eines Kraftfahrzeugs mit (a) einer ersten und einer zweiten regenerativen Bremsvorrichtung (30, 40) zum Ausführen einer regenerativen Bremsung an den Vorder- bzw. Hinterrädern (26FL, 26FR, 34RL, 34RR) und (b) einer Reibungsbremsvorrichtung (44) zum Ausführen einer Reibungsbremsung an den Vorder- und Hinterrädern, mit folgenden Schritten:

Berechnen einer Soll-Bremskraft der Vorderräder und einer zweiten Soll-Bremskraft der Hinterräder basierend auf einer vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Bremsforderung und einem Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern; und zunächst Veranlassen der ersten regenerativen Bremsvorrichtung und der zweiten regenerativen Bremsvorrichtung zum Erzeugen regenerativer Bremskräfte an den Vorder- bzw. Hinterrädern und, falls erforderlich, anschließend Veranlassen der Reibungsbremsvorrichtung zum Erzeugen einer Reibungsbremskraft an den Vorder- und Hinterrädern so, daß eine an die Vorderräder angelegte Gesamt-Bremskraft und eine an die Hinterräder angelegte Gesamt-Bremskraft auf die erste bzw. zweite Soll-Bremskraft gesteuert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, mit den Schritten: Bestimmen einer durch die erste regenerative Bremsvorrichtung vorsehbaren ersten regenerativen Maximal-Bremskraft und einer durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung vorsehbaren zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft;

Setzen einer ersten regenerativen Soll-Bremskraft auf die kleinere der Soll-Bremskraft und der ersten regenerativen Maximal-Bremskraft und Setzen einer zweiten regenerativen Soll-Bremskraft auf die kleinere der zweiten Soll-Bremskraft und der zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft; und

Steuern der ersten regenerativen Bremsvorrichtung für die Vorderräder so, daß sie die erste regenerative Soll-Bremskraft vorsieht, und Steuern der zweiten regenerativen Bremsvorrichtung für die Hinterräder so, daß sie die zweite regenerative Soll-Bremskraft vorsieht.

15. Verfahren nach Anspruch 14, mit den Schritten: Bestimmen einer durch die erste regenerative Bremsvorrichtung tatsächlich erzeugten ersten regenerativen Ist-Bremskraft und einer durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung tatsächlich erzeugten zweiten regenerativen Ist-Bremskraft;

Setzen einer ersten Soll-Reibungsbremskraft der Vorderräder auf einen durch Subtrahieren der ersten regenerativen Ist-Bremskraft von der ersten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert und Setzen einer zweiten Soll-

Reibungsbremskraft der Hinterräder auf einen durch Subtrahieren der zweiten regenerativen Ist-Bremskraft von der zweiten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert; und Steuern der Reibungsbremsvorrichtungen für die Vorder- und Hinterräder so, daß sie die erste bzw. zweite Soll-Reibungsbremskraft vorsehen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei:

das Fahrzeug eine Bremssteuereinheit (52) und eine regenerative Bremssteuereinheit (28) umfaßt, die untereinander Informationen austauschen; und die Bremssteuereinheit (52) die Reibungsbremsvorrichtung (44) zum Steuern der an die Vorder- und Hinterräder angelegten Bremsdrücke und die regenerative Bremssteuereinheit (28) zum Steuern der ersten und zweiten Regenerativbremsvorrichtungen (30, 40) steuert.

17. Verfahren nach Anspruch 16, mit den Schritten: in der Bremssteuereinheit (52), Bestimmen einer durch die erste regenerative Bremsvorrichtung vorsehbaren ersten regenerativen Maximal-Bremskraft und durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung vorsehbaren zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft; und in der Bremssteuereinheit (52), Setzen einer ersten regenerativen Soll-Bremskraft auf die kleinere aus der ersten Soll-Bremskraft und der ersten regenerativen Maximal-Bremskraft, und Setzen einer zweiten regenerativen Soll-Bremskraft auf die kleinere aus der zweiten Soll-Bremskraft und der zweiten regenerativen Maximal-Bremskraft; wobei

die Bremssteuereinheit (52) Signale, die die erste und zweite regenerative Soll-Bremskraft angeben, an die regenerative Bremssteuereinheit (28) überträgt, und die regenerative Bremssteuereinheit (28) die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) für die Vorderräder und die zweite regenerative Bremsvorrichtung (40) für die Hinterräder so steuert, daß sie die erste bzw. zweite regenerative Soll-Bremskraft vorsehen.

18. Verfahren nach Anspruch 17, mit den Schritten: in der regenerativen Bremssteuereinheit (28), Bestimmen einer durch die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) tatsächlich erzeugten ersten regenerativen Ist-Bremskraft und einer durch die zweite regenerative Bremsvorrichtung (40) tatsächlich erzeugten zweiten regenerativen Ist-Bremskraft und Übertragen von Signalen, die die erste und zweite regenerative Ist-Bremskraft angeben, an die Bremssteuereinheit (52); und

in der Bremssteuereinheit (52), Setzen einer ersten Soll-Reibungsbremskraft der Vorderräder auf einen durch Subtrahieren der ersten regenerativen Ist-Bremskraft von der ersten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert, und Setzen einer zweiten Soll-Reibungsbremskraft der Hinterräder auf einen durch Subtrahieren der zweiten regenerativen Ist-Bremskraft von der zweiten Soll-Bremskraft erhaltenen Wert; wobei die Bremssteuereinheit (52) die Reibungsbremsvorrichtungen (44) für die Vorder- und Hinterräder so steuert, daß sie die erste bzw. zweite Soll-Reibungsbremskraft vorsehen.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei:

das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (12) und einem Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs und einer Hybridantriebsstrang-Steuereinheit (28) zum Steuern der Brennkraftmaschine und des Motors/Generators ist; wenigstens die erste oder die zweite regenerative

Bremsvorrichtung (30, 40) den Motor/Generator umfaßt; und

die regenerative Bremssteuereinheit (28) die Hybridantriebsstrang-Steuereinheit (28) umfaßt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei das Fahrzeug ein Hybridfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (12) und einem Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs ist, und wobei wenigstens die erste oder zweite regenerative Bremsvorrichtung (30, 40) den Motor/Generator (14) umfaßt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, wobei das Fahrzeug ein an den Vorderrädern angetriebenes Fahrzeug ist, und wobei die erste regenerative Bremsvorrichtung (30) für die Vorderräder den Motor/Generator (14) zum Antrieb des Fahrzeugs umfaßt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, mit dem Schritt:

Berechnen einer Sollverzögerung des Kraftfahrzeugs basierend auf einer vom Fahrer vorgegebenen Bremsforderung zum Berechnen der ersten Soll-Bremskraft der Vorderräder und der zweiten Soll-Bremskraft der Hinterräder.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die Reibungsbremsvorrichtung (44) ein Bremspedal (32), einen funktionell mit dem Bremspedal in Verbindung stehenden Hauptzylinder (50) und einen Hydraulikkreis (46), der die an die Vorder- und Hinterräder angelegten Bremsdrücke steuert, umfaßt, und wobei die Bremsforderung basierend auf wenigstens der Größe der vom Fahrer ausgeführten Bremspedal oder einem Hauptzylinderdruck berechnet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 23, wobei das Bremskraftverhältnis zwischen den Vorder- und Hinterrädern konstant ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

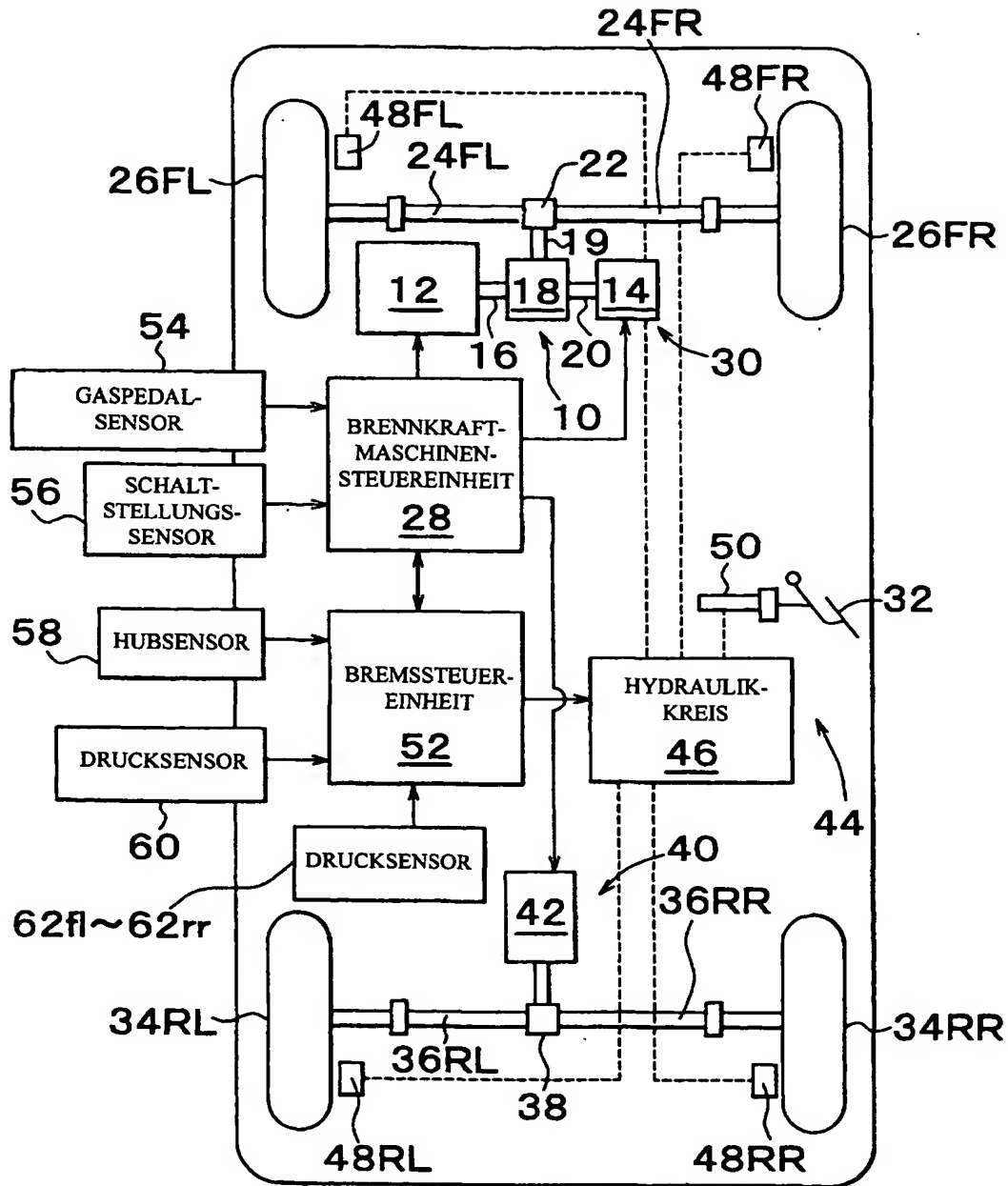


FIG. 2

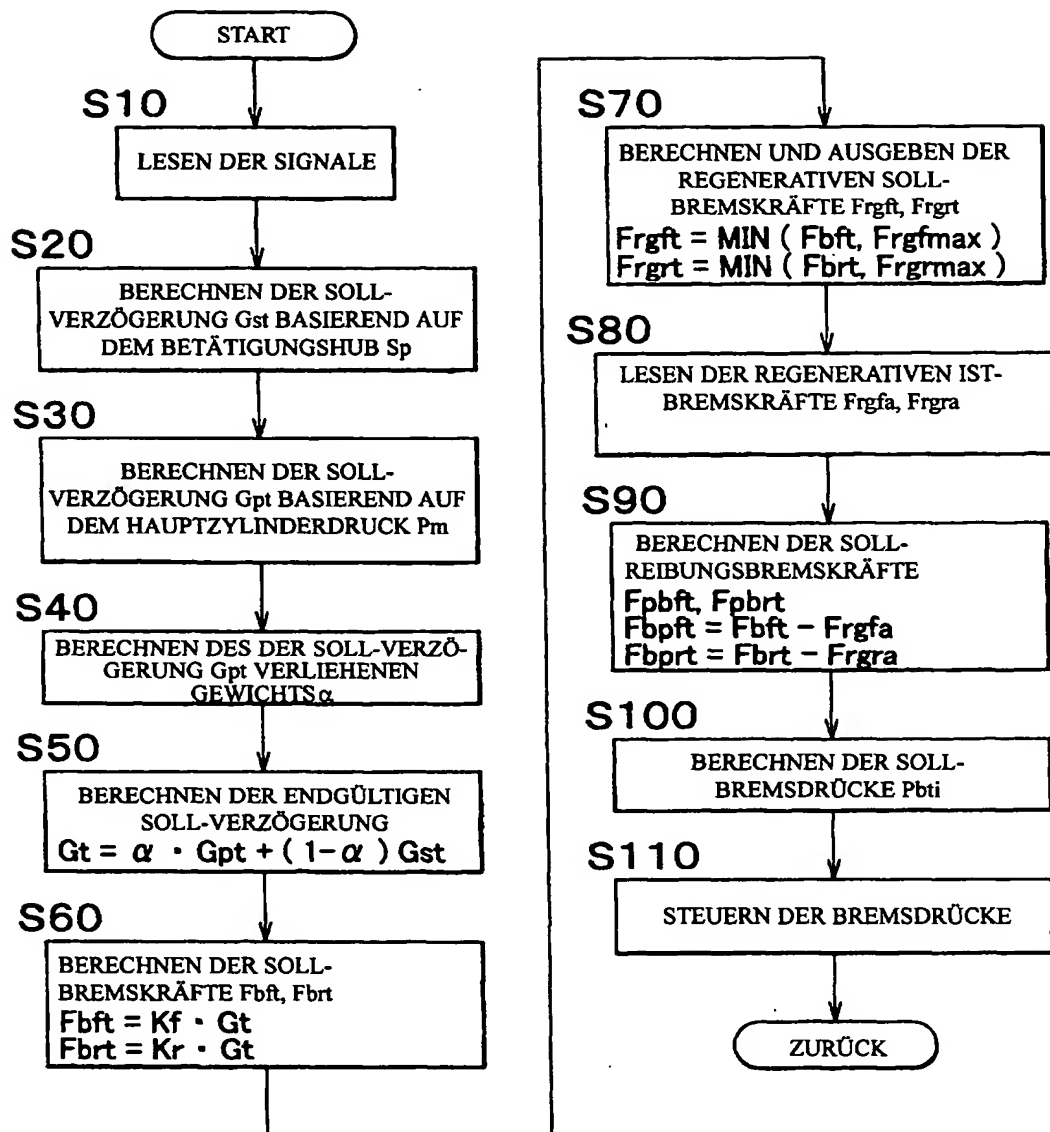


FIG. 3

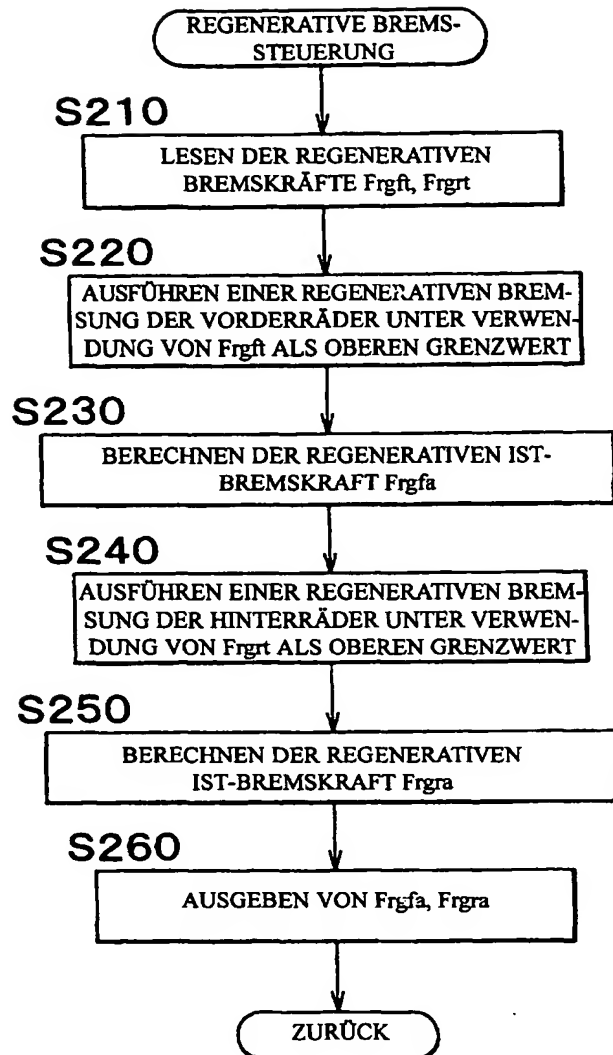


FIG. 4

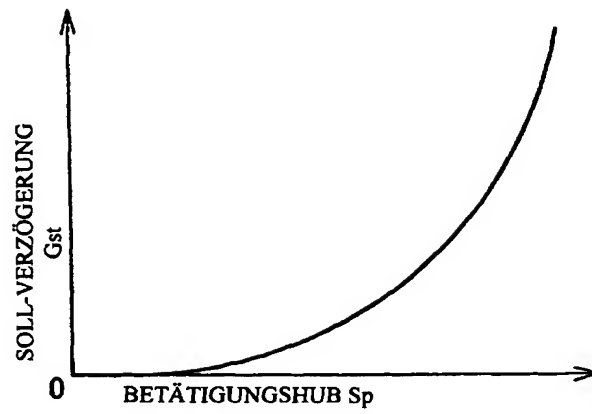


FIG. 5

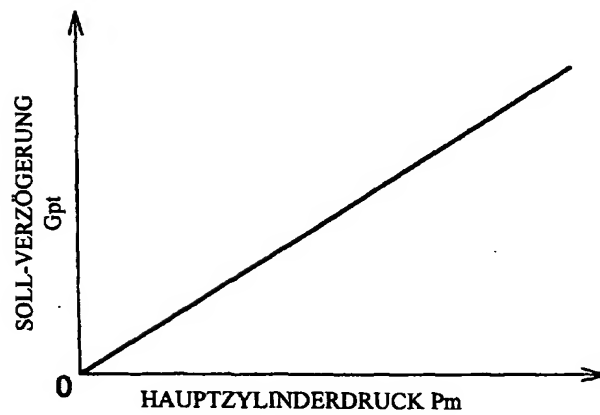


FIG. 6

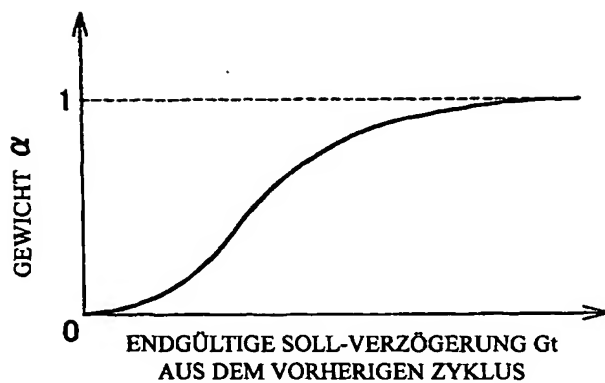


FIG. 7

